Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences | Science
Région du Pacifique
Secrétariat canadien de consultation scientifique
Avis scientifique 2012/072

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DU PROJET DE RECHERCHE SUR L'ÉCOSYSTÈME DU DÉTROIT DE GEORGIE ET MISE AU POINT D'UNE APPROCHE ÉCOSYSTÉMIQUE DE LA GESTION

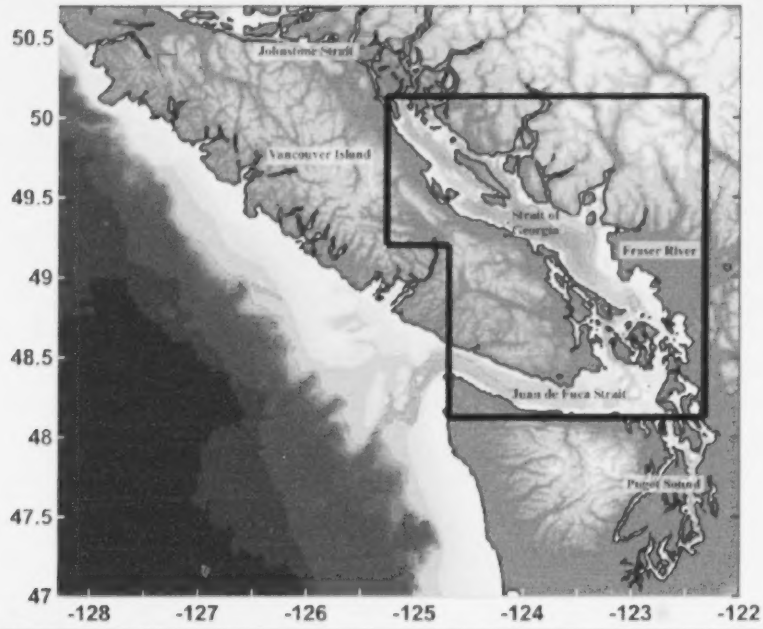

Figure 1. L'écosystème marin composé du détroit de Georgie, du détroit Juan de Fuca et de la baie Puget. Le cadre tracé sur la carte représente la région géographique visée par le Projet de recherche sur l'écosystème du détroit de Georgie.

Contexte :

Pêches et Océans Canada (MPO) s'est engagé à adopter une approche écosystémique intégrée, durable et prudente en matière de gestion des océans. Afin d'appuyer l'élaboration et la mise en œuvre de cette approche, le Secteur des sciences du MPO a lancé sept initiatives de recherche écosystémique (IRE) pour faciliter la recherche intégrée sur un écosystème donné aux limites géographiques prédéfinies. Dans l'ensemble, ces IRE avaient pour but de servir de projets pilotes pour les besoins de l'approche écosystémique de la gestion élaborée par le MPO et d'améliorer la capacité de formuler des conseils scientifiques à l'appui de ces approches. Dans la région du Pacifique, c'est le détroit de Georgie qui a été choisi comme écosystème pour le projet pilote. Le Projet de recherche sur l'écosystème du détroit de Georgie a débuté en janvier 2008 et l'étape de financement direct s'est achevée le 31 mars 2012. La synthèse donnée dans le présent rapport, qui provient en grande partie des initiatives financées dans le cadre de ce projet, permet de mieux comprendre le fonctionnement de l'écosystème marin du détroit de Georgie, certains aspects de ses relations avec la structure sociale humaine de cette région et quelques questions importantes pour sa gestion selon une approche écosystémique. Elle donne par ailleurs des orientations sur les outils utiles pour formuler des avis scientifiques à propos des écosystèmes ,ainsi que des recommandations concernant le processus de fourniture des avis scientifiques pour une approche écosystémique de la gestion dans la région du Pacifique.

Le présent avis scientifique découle de la réunion du 11 au 13 septembre 2012 : « Synthèse des résultats du Projet de recherche sur l'écosystème du détroit de Georgie et leurs répercussions sur la gestion et les politiques en matière d'écosystèmes ». Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée lorsqu'elle sera disponible sur le calendrier des avis scientifiques du secteur des Sciences du MPO à l'adresse suivante : http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/index-fra.htm.

Canada

SOMMAIRE

- Les résultats sont une synthèse du Projet de recherche sur l'écosystème du détroit de Georgie (IRE) et visent à contribuer à l'élaboration d'une approche écosystémique de la gestion de cet écosystème marin;
- La synthèse donne un aperçu de certaines des principales constatations en ce qui concerne les connaissances actuelles sur le fonctionnement de l'écosystème du détroit de Georgie, les facteurs de changement à l'œuvre dans le détroit et leur éventuelle influence sur le détroit à moyen terme;
- Pour décrire les processus écosystémiques, on a mis au point plusieurs outils scientifiques relatifs à l'écosystème (évaluations et modèles), qui ont également permis de déterminer des éléments précis à prendre en considération pour la gestion; ils pourraient aussi fournir des renseignements qui viendront appuyer les décisions en matière de gestion. Certains outils peuvent s'appliquer sans difficulté à toutes les aires marines de la Colombie-Britannique, d'autres sont plus complexes et exigent une abondance de données;
- Pour le détroit de Georgie et les autres zones, il faut déterminer les indicateurs potentiels et les classer par ordre de priorité, ainsi que leurs exigences en matière de données, en vue d'atteindre les objectifs d'une approche écosystémique de la gestion. On n'a pas mené d'évaluation ni d'examen complet de tous les indicateurs écosystémiques potentiels. Cependant, plusieurs études ont déterminé des indicateurs potentiels à l'échelle de l'écosystème pour certains objectifs de gestion;
- Afin de mettre en œuvre une approche écosystémique de la gestion (AEG), un processus de collaboration et de coordination entre les différents Secteurs s'impose. On recommande de mettre sur pied un groupe de travail intersectoriel qui pourrait aussi travailler avec d'autres régions et d'autres initiatives externes;
- On devrait intégrer les considérations relatives aux régimes de productivité et à la dynamique du réseau alimentaire (la prédation et les exigences en matière de proies) dans les évaluations des stocks et en tenir compte dans les autres processus de planification ministériels;
- La zone côtière du détroit de Georgie, et de la région du Pacifique en général, est insuffisamment décrite et son rôle dans les processus écosystémiques n'est pas bien connu. Pour être en mesure de formuler des avis scientifiques sur l'importance de cette zone pour la dynamique de l'écosystème (notamment la productivité des poissons), d'autres études sont nécessaires;
- En raison de la dispersion des données sur l'écosystème et de la variété de leurs formats, le travail de collecte et de synthèse n'est pas aisé; des plates-formes et des formats communs pour le stockage et l'accessibilité sont nécessaires;
- Les outils élaborés grâce à ce processus ne s'appliquent pas uniquement au détroit de Georgie; on devrait envisager de les utiliser dans d'autres zones de la côte du Pacifique.

INTRODUCTION

Contexte

Le MPO s'est engagé à adopter une approche écosystémique de la gestion des milieux aquatiques au Canada. Même si le cadre ministériel n'a pas encore été approuvé, une approche écosystémique de la gestion (AEG) devrait, entre autres aspects pertinents :

a) Caractériser et évaluer l'écosystème (c'est-à-dire évaluer l'état de l'écosystème);

b) Établir des objectifs pour l'écosystème (par exemple, des objectifs opérationnels en matière de productivité, de biomasse et de diversité) et évaluer le risque de ne pas atteindre ces objectifs;

c) Établir des indicateurs et des seuils à des fins d'évaluation et de gestion;

d) Déterminer et mettre en œuvre des stratégies de gestion;

e) Surveiller, évaluer et communiquer, notamment en faisant le suivi des indicateurs, en analysant et signalant les changements, ainsi qu'en adaptant les objectifs et les stratégies au besoin.

Afin d'explorer les différentes manières qui s'offrent au Secteur des sciences du Ministère pour contribuer à la mise au point d'une approche écosystémique de la gestion dans des eaux relevant d'une compétence fédérale, on a lancé, partout au Canada, des initiatives pilotes de recherche écosystémique financées entre 2008 et 2012 dans le cadre du plan scientifique quinquennal. L'écorégion du détroit de Georgie a été choisie pour l'IRE du Pacifique en raison de son accessibilité, de la quantité de données et de connaissances existantes et de l'importance de ses ressources pour les Canadiens. Le programme visait les détroits de Georgie et de Juan de Fuca, mais certaines études portaient aussi sur les bras de mer continentaux dans la partie orientale du détroit de Georgie ou de la baie Puget (figure 1). Le Projet de recherche sur l'écosystème du détroit de Georgie avait pour objectif global d'établir le fondement de la gestion des interactions entre l'écosystème et les activités humaines dans un cadre écosystémique intégrateur. Plus précisément, il a examiné les priorités ministérielles suivantes :

1) Comprendre le fonctionnement de cet écosystème (ce qui en détermine la productivité);

2) Déterminer les facteurs de changement à l'œuvre dans le détroit et la manière dont ils pourraient évoluer à l'avenir;

3) Élaborer des outils de gestion et de prise de décisions fondés sur la science pour les écosystèmes pour appuyer des ressources marines saines et durables.

Un rapport antérieur (MPO 2012) proposait les composantes scientifiques suivantes pour une approche écosystémique dans le détroit de Georgie : la détermination des agents de stress anthropiques; la nécessité de définir des indicateurs et de mettre en place une surveillance; la sélection des situations de départ, des niveaux de référence et des seuils; des méthodes de gestion spatiale; la modélisation et la gestion des données. Le présent rapport s'appuie sur plusieurs de ces composantes.

Justification de l'évaluation

Le présent avis scientifique donne des exemples des principaux résultats du Projet de recherche sur l'écosystème du détroit de Georgie disponibles jusqu'à maintenant et les considérations à prendre en compte pour élaborer et appliquer une approche écosystémique de la gestion dans cette région, en se fondant sur les résultats et les leçons apprises de cette initiative de recherche écosystémique pilote. Plus précisément, cette évaluation visait les objectifs suivants :

1. Offrir une synthèse (en grande partie fondée sur le Projet de recherche sur l'écosystème du détroit de Georgie) du fonctionnement de l'écosystème du détroit de Georgie (ce qui détermine sa productivité), des facteurs de changement à l'œuvre dans le détroit et de la manière dont ils pourraient évoluer à l'avenir;
2. Cerner les enjeux possibles et offrir à la direction des recommandations sur une approche écosystémique de la gestion en se fondant sur le point 1), y compris des exemples

d'applications particulières d'actuelles politiques du MPO en matière d'écosystèmes (p. ex., politique concernant les poissons-fourrages);

3. Offrir des conseils sur les outils mis au point et utilisés dans le cadre du Projet de recherche sur l'écosystème du détroit de Georgie pour formuler des avis scientifiques dans un contexte écosystémique;
4. Cerner les principales lacunes dans les connaissances, ainsi que les futurs besoins en matière de recherche pour permettre d'élaborer des évaluations écosystémiques et des méthodes de gestion intégrées dans la région du Pacifique;
5. Faire part des leçons retenues et formuler des recommandations sur la façon de produire des avis scientifiques pour une approche écosystémique de la gestion dans la région du Pacifique.

ÉVALUATION

Fonctionnement de l'écosystème marin du détroit de Georgie

Les résultats des initiatives menées dans le cadre du Projet de recherche sur l'écosystème du détroit de Georgie et d'autres études connexes semblent indiquer que la productivité globale du détroit de Georgie découlerait de six processus essentiels : l'enrichissement, l'éclosion, la rétention, la concentration, la dynamique du réseau trophique (alimentaire) et enfin la dynamique sublittorale et benthique (tableau 1).

Tableau 1. Les six processus essentiels qui ont une incidence sur le fonctionnement de l'écosystème marin du détroit de Georgie

Processus	Exemples
Enrichissement	• Apport en éléments nutritifs grâce aux apports d'eau à de grandes et moyennes profondeurs • Carbone organique de sources terrestres • Renouvellement des éléments nutritifs en surface par mélange et advection
Éclosion (de plancton)	• Changements touchant la stabilité verticale de la colonne d'eau • Ensemencement suite au début de la prolifération printanière du phytoplancton, des bras continentaux vers le détroit de Georgie
Rétention	• Confinement topographique de l'écosystème du détroit de Georgie • Zone de contact limitée avec la haute mer (adjacente sur 2 % du périmètre) • Importants mélanges verticaux dans les zones de contact avec la haute mer, ce qui renvoie les organismes dans le détroit • Profondeur moyenne relativement élevée (150 m) • Renouvellement de l'eau en une moyenne de 20 mois
Concentration	• Panaches fluviaux et fronts de mélange associés à la marée • Concentrations de poissons pour l'alimentation et le frai
Dynamique du réseau trophique	• Importants cycles saisonniers de production de plancton • Part dominante des espèces de prédateurs gélatineux et de crustacés dans la biomasse du zooplancton, souvent avec de grandes migrations verticales quotidiennes ou saisonnières • Biomasse élevée d'un nombre relativement réduit d'espèces fourragères du niveau trophique moyen, dont le hareng du Pacifique • Biomasse élevée de petits poissons migratoires vers la haute mer (saumon) • Adéquation et non-adéquation des processus dans le temps • La production halieutique de poissons pélagiques est plus importante que celle de poissons démersaux
Dynamique sublittorale et benthique	• Caractéristiques structurales fixes (par opposition aux caractéristiques pélagiques) • 98 % du périmètre correspond à un habitat sublittoral • Les plantes sublittorales contribuent à la productivité de l'écosystème du détroit de Georgie • Important couplage benthique-pélagique dans ces zones peu profondes • Les caractéristiques propres à l'emplacement sont importantes pour la survie des espèces, notamment des invertébrés

D'après les études menées dans le cadre du Projet, on dénombre six concepts généraux essentiels concernant le fonctionnement de l'écosystème du détroit de Georgie :

- Échanges avec les étendues d'eau extérieures : La productivité de l'écosystème du détroit de Georgie semble dépendre des échanges avec les étendues d'eau adjacentes extérieures au détroit, même si seulement 2 % du périmètre donne sur la haute mer. Les apports sous-marins en provenance de la côte ouest de l'île de Vancouver sont nécessaires pour renouveler les éléments nutritifs et l'oxygène dans l'écosystème du détroit de Georgie. Le hareng du Pacifique et le saumon du Pacifique sont deux migrateurs saisonniers importants dans le détroit de Georgie, où ils participent à l'échange d'éléments nutritifs et d'énergie entre le détroit et les régions océaniques. Les harengs adultes sont présents dans le détroit en automne et en hiver, mais la productivité de leur population

dépend en grande mesure de la production estivale de plancton le long de la côte ouest de l'île de Vancouver. Des saumons juvéniles de plusieurs espèces passent le printemps et l'été dans le détroit et hivernent en majeure partie dans les eaux océaniques;

- Production halieutique de poissons pélagiques par rapport à celle de poissons démersaux : La pêche d'espèces de poissons pélagiques dans le détroit de Georgie est en ce moment plus importante que la pêche d'espèces de poissons démersaux. La production halieutique d'espèces pélagiques pourrait être favorisée par la profondeur moyenne élevée (environ 150 m) du détroit de Georgie et les séjours plus brefs des masses d'eau en surface, ce qui réduit la sédimentation de matière organique dans le fond marin et favorise son recyclage ou son renouvellement dans les eaux pélagiques;
- Saisonnalité marquée de la productivité pélagique : La période la plus productive dans le détroit de Georgie s'étend de la fin de l'hiver au début de l'été; c'est en effet au cours de cette période que les populations résidentes d'espèces comme le merlu du Chili et les populations migratoires d'espèces comme le hareng du Pacifique frayent et que les saumons juvéniles entrent dans le détroit. La productivité accrue pendant cette période pourrait être due au pic de biomasse de zooplancton dans la partie supérieure de la colonne d'eau, notamment les copépodes calanoïdes, gros et nutritifs. Cela indique que la survie du hareng et du saumon dans leurs premiers stades biologiques est probablement liée à la dynamique du zooplancton au printemps et au début de l'été;
- Adéquation et non-adéquation : les probabilités de décalage entre les chevauchements spatiaux et temporels des prédateurs et des proies sont élevées, en particulier au printemps, qui marque le début de la saison productive (p. ex., on a décelé un rapport entre la productivité du hareng et le moment où se produit l'éclosion du phytoplancton au printemps);
- Importance des espèces : Au contraire des prédateurs vertébrés de niveau trophique moyen, que l'on considère (et qui semblent être) non sélectifs par rapport à leurs proies, les espèces de niveau trophique supérieur peuvent se révéler très sélectives (p. ex., les épaulards résidents du Sud, qui s'attaquent au saumon quinnat);
- Habitat sublittoral : beaucoup d'espèces de poissons et d'invertébrés qui présentent une importance commerciale et culturelle pour le détroit de Georgie passent une partie ou l'ensemble de leur cycle vital dans la région sublittorale. À l'heure actuelle, on ne connaît généralement pas bien les effets cumulatifs des processus et des perturbations qui se produisent à ces échelles locales sur le fonctionnement de l'écosystème du détroit de Georgie.

Facteurs déterminants de l'écosystème

Plusieurs processus et agents de stress entraînent des changements dans des écosystèmes marins partiellement fermés, comme le détroit de Georgie; beaucoup d'entre eux se manifestent à différentes échelles spatiales (tableau 2).

Tableau 2. Exemples de facteurs de changement à l'œuvre dans des écosystèmes marins semi-fermés en général et, en particulier, dans le détroit de Georgie en fonction de leur échelle spatiale principale.

Échelle spatiale	Facteurs de changement généraux	Facteurs de changement propres au détroit de Georgie
Grande échelle (monde, bassin océanique)	•Variabilité climatique • Changements climatiques	•Niveau de la mer •Température •Acidification •Hypoxie
Moyenne échelle (région)	•Exploitation des ressources vivantes •Altération des réseaux trophiques •Modifications de l'habitat •Charge en éléments nutritifs •Introduction d'espèces non indigènes	•Pêche •Modifications de l'habitat à l'échelle d'un bassin •Contaminants •Tourisme et loisirs •Lessivage des terres cultivées •Eaux usées •Transport maritime
Échelle locale (baie et côte)	•Modifications aux apports de sédiments •Modifications aux apports d'eau douce •Aménagement du littoral •Structures maritimes	•Modifications de la morphologie des berges, p. ex., le delta du fleuve Fraser •Érosion des plages •Aménagement et artificialisation du littoral •Changements concernant l'hydrographie et la circulation •Modifications de l'habitat intertidal local, p. ex., les estrans de marée ou la zostère marine •Aquaculture (développement et exploitation) •Activités industrielles

Parmi les agents de stress examinés, on en a étudié deux plus en détail : la pêche, qui exerce une pression considérable dans l'ensemble du détroit, et les modifications de l'habitat côtier, qui ont altéré les communautés biologiques sublittorales. Par ailleurs, les contaminants, en particulier les concentrations de biphényles polychlorés (BPC) et d'éthers diphényliques polybromés (EDP) dans le plancton et leur accumulation, en remontant la chaîne trophique, chez les mammifères marins peuvent séjourner très longtemps dans le détroit, même si des observations récentes indiquent que leurs niveaux sont stables ou en déclin, grâce surtout aux mesures réglementaires.

On a montré qu'aussi bien les processus à grande échelle, comme ceux qui ont trait à l'indice d'oscillation australe et à l'indice d'oscillation du tourbillon nord-pacifique, que ceux à l'échelle locale relatifs aux vents et à l'écoulement fluvial sont associés à des changements au sein de l'écosystème marin du détroit de Georgie.

On dispose de projections qui montrent comment ces agents de stress pourraient évoluer à l'avenir. Parmi les agents de stress anthropiques, on prévoit une augmentation de la population humaine, principalement urbaine, autour du détroit de Georgie, qui devrait entraîner l'intensification des pressions qui sont proportionnelles à la croissance démographique. Dans

les districts situés autour du détroit, on prévoit, jusqu'en 2036, des taux de croissance démographique de +20 % à +30 % dans l'île de Vancouver et de +40 % dans les basses terres continentales. On peut également effectuer des projections sur les changements concernant certains processus environnementaux à partir de modèles couplés climatiques globaux, appliqués à l'échelle réduite du détroit de Georgie. Ces modèles prévoient une continuation de la tendance au réchauffement en fonction de la profondeur de 0,024 °C par an, tendance observée entre 1970 et 2005, une poursuite de la tendance vers des périodes de remontée d'eau en haute mer plus tardives et plus courtes, et des modifications du débit saisonnier d'eau douce (par exemple une crue nivale plus précoce), en raison du réchauffement climatique. De plus, on s'attend à une augmentation du nombre d'espèces non indigènes présentes dans le détroit de Georgie à la suite de l'intensification du transport maritime international et à l'établissement de populations de départ dans le Pacifique états-unien.

Outils pour formuler des avis scientifiques dans le cadre d'une approche écosystémique

Dans le cadre du présent Projet, on a mis au point ou perfectionné plusieurs outils et approches utiles pour formuler des avis scientifiques sur des questions de gestion dans un contexte écosystémique : des évaluations des écosystèmes, des analyses statistiques des données de l'écosystème, des réseaux probabilistes bayésiens, des modèles de simulation et des modèles d'habitat. Le Tableau 3 compare ces outils et donne des renseignements sur leur facilité d'application, leurs besoins en matière de données et leurs restrictions.

Tableau 3. Outils utiles pour formuler des avis scientifiques dans une approche écosystémique de la gestion des écosystèmes marins de la région du Pacifique.

Outils	Facilité d'application	Besoins en données et ressources	Restrictions	Applications potentielles
Évaluations et examens de l'écosystème	Variable • Application facile de l'information scientifique disponible; la complexité augmente en fonction de la disponibilité des données	Variable • Dépend des données disponibles et de leur répartition géographique	• Limités par les données disponibles et leur distribution géographique (p. ex., centralisées, dispersées, savoir communautaire)	• Rapports sur l'état des océans • Rapports sur l'état et les tendances de l'écosystème • Évaluations des risques pour les écosystèmes
Analyses en composantes principales et analyses de la redondance (techniques statistiques)	Facile à modérée • Dépend du niveau d'analyse et de la qualité des données • De nombreux progiciels sont facilement disponibles	Facile à complexe • Dépend des analyses choisies et de la qualité des données	• La plupart exigent des données quasiment complètes (peu de valeurs manquantes) • Les séries longues sont préférables	• Analyses écosystémiques intégrées • Modèles de séquences des effets • Évaluations du risque pour l'environnement
Réseaux probabilistes bayésiens	Faciles à appliquer une fois construits • Construction de difficulté modérée à élevée selon les données disponibles • L'étape clé est l'élaboration de la structure du modèle (compartiments et liens)	Flexible : simple à complexe • Ils peuvent aller de l'opinion d'un expert, ou de plusieurs, à des données empiriques exhaustives et des extrants de modèle	• Généralement pas très détaillés • Ne peuvent pas contenir de boucles • Se prêtent mal à la modélisation de dynamiques temporelles • Intégration limitée des variables dont les échelles spatiales et temporelles sont différentes	• Détermination des principales variables indicatrices; p. ex, pour les évaluations de l'habitat ou des stocks • Exploration d'autres scénarios de gestion • Plans de gestion intégrée des pêches
Modèles de simulation (p. ex., le système de modélisation océanographique régionale, les modèles nutriments-phytoplancton-zooplancton, les modèles des niveaux trophiques supérieurs Ecopath with Ecosim et Osmose)	Difficile • Pour certains modèles, il existe des plates-formes communautaires, mais des efforts considérables sont nécessaires pour les adapter aux différentes applications	Importants • Besoins considérables de données pour mettre en place les modèles et les valider • Pour les modèles des niveaux trophiques supérieurs, les données sont souvent utilisées pour des espèces semblables, mais dans d'autres écosystèmes	• La puissance des ordinateurs peut être une limitation • Selon la complexité et la résolution • Le couplage de modèles (p. ex, de la circulation aux niveaux trophiques supérieurs) est habituellement complexe	• Simulations de différents scénarios de gestion des pêches • Évaluations de l'impact sur l'habitat (p. ex., sélection des sites aquacoles) • Évaluation des applications des politiques concernant les poissons-fourrages
Modèles d'habitat (p. ex.,	Facile à complexe • Faciles pour les	Simples à complexes, selon	• Limités par les données	• Évaluation des risques pour

classification des habitats benthiques et sublittoraux, détermination des habitats benthiques importants pour certaines espèces)	modèles pour établir la qualité de l'habitat si les préférences en matière d'habitat sont connues, si les données pertinentes sont disponibles et qu'on utilise ArcGIS ou des plates-formes semblables • Complexes, si on a besoin de données multiples provenant de divers organismes et avec des détails spatiaux différents	l'objectif • Il est généralement nécessaire d'intégrer des données de différentes qualités et de sources multiples	disponibles • La résolution spatiale est souvent un problème (la plupart des modèles effectuent des interpolations pour les grandes zones et omettent les détails spatiaux fins) • Il n'est pas facile d'incorporer des changements temporels aux analyses spatiales • Il s'agit de modèles généralement propres à l'espèce, qui ne sont pas faciles à appliquer à d'autres espèces	l'habitat • Plans de gestion intégrée des pêches • Analyses de la qualité de l'habitat

Facteurs à prendre en compte dans une approche écosystémique de la gestion dans le détroit de Georgie

La définition des buts et des objectifs est une étape fondamentale de la mise au point d'une approche écosystémique de la gestion. Elle permet de déterminer ce qui doit être accompli et ce qu'il faut faire pour atteindre ces buts. La définition des buts écosystémiques devrait être l'affaire de larges secteurs de la société; en l'absence de buts clairs, on suppose habituellement des objectifs relatifs à la conservation de la structure et des fonctions de l'écosystème (p. ex., les espèces) et à la production d'écoservices. Il faut aussi tenir compte des échelles spatiales et temporelles interdépendantes lorsqu'on formule des buts et des avis aux fins de la gestion dans le cadre d'une approche écosystémique. Par exemple, des estrans de marée sublittoraux pourraient être touchés par l'aménagement du littoral à l'échelon local, mais aussi par les tendances régionales des températures. Les conclusions du présent avis scientifique servent d'exemples des facteurs qui pourraient être pris en compte pour mettre au point une approche écosystémique de la gestion dans le détroit de Georgie, notamment les agents des stress anthropiques, la gestion spatiale des habitats sublittoraux et benthiques, des indicateurs et des seuils. Les résultats détaillés de chaque projet seront publiés dans un numéro spécial de *Progress in Oceanography*; les résultats des analyses supplémentaires qui sont encore en cours paraîtront plus tard.

Le fonctionnement de l'écosystème marin du détroit de Georgie et les facteurs potentiels de changement dans cet écosystème sont décrits plus haut (tableau 1). Tout agent de stress qui agit sur les six processus caractéristiques est susceptible de perturber à son tour le fonctionnement de l'écosystème du détroit de Georgie et représente, par conséquent, une préoccupation potentielle pour une approche écosystémique de la gestion. Plusieurs exemples précis de résultats relatifs à certains agents de stress dont on a constaté l'influence sur cet écosystème sont présentés ici.

Agents de stress anthropiques

La pêche est un agent de stress important dans le détroit de Georgie. On a élaboré des modèles écosystémiques des niveaux trophiques supérieurs et inférieurs (tableau 3), qui ont servi à évaluer les répercussions potentielles sur l'écosystème des mesures de gestion liées aux stratégies en matière de pêche et de rétablissement des stocks. Il est certes nécessaire de peaufiner ces modèles, mais les résultats d'un modèle indiquent qu'avec des intensités de pêche semblables à celles que l'on a déjà connues par le passé, on pourrait atteindre le seuil critique de surpêche – pour cet écosystème, que l'on définit comme des changements brusques de sa structure et de sa fonction causés par l'augmentation de la pêche du hareng. Toutefois, la mortalité par pêche du hareng dans le détroit de Georgie semble actuellement bien en dessous de ce seuil critique. Ce modèle laisse aussi penser que la productivité actuelle du détroit pourrait être inférieure à celle des années 1970 et 1980, ce qui veut dire que le rétablissement des populations épuisées pourrait être plus long que prévu.

D'autres études de modélisation indiquent que, en général, une stratégie de gestion des pêches adaptée au régime actuel de productivité [une pression de la pêche plus (moins) importante dans les périodes de productivité accrue (réduite) des niveaux trophiques inférieurs] se traduira probablement par un rendement plus élevé et moins d'années de fermeture de la pêche que lorsque l'intensité de la pêche est modérée, mais constante, sans aucun ajustement apporté pour répondre aux changements actuels de la productivité dans l'ensemble de l'écosystème.

Les espèces non indigènes sont un motif d'inquiétude dans le détroit de Georgie. On a trouvé environ trois fois plus d'espèces non indigènes dans le détroit que dans d'autres régions de la côte de la Colombie-Britannique (Johannessen et McCarter 2010). Cela s'explique, entre autres, par le caractère estuarien de cet écosystème qui présente une grande variété d'habitats et de conditions, par les activités aquacoles qui peuvent introduire des espèces non indigènes lors de l'importation de stocks reproducteurs pour l'aquaculture, ainsi que par le transport maritime. Après avoir examiné une voie potentielle d'introduction d'espèces non indigènes, une étude menée dans le cadre du Projet a conclu que les navires de transport qui n'ont pas besoin de renouveler l'eau de ballast en route (c'est-à-dire ceux provenant du nord de Cape Blanco, en Oregon) sont susceptibles d'introduire des espèces non indigènes.

Habitats benthiques et sublittoraux

On a repéré les zones benthiques et sublittorales qui revêtent une valeur particulière pour la structure et les fonctions de l'écosystème du détroit de Georgie. Elles servent d'exemples illustrant où et pourquoi des méthodes de gestion spatiale sont nécessaires pour soutenir un écosystème en bonne santé. La zone de Roberts Bank , dans le delta du fleuve Fraser, est représentative de nombreuses parties de la zone d'importance écologique et biologique (ZIEB) proposée du fleuve Fraser et de la baie Boundary et elle a été reconnue comme une aire d'alimentation importante pour les saumons juvéniles et les oiseaux de rivage migrateurs tels que le bécasseau d'Alaska (*Calidris mauri*). Une étude du Projet sur Roberts Bank a conclu qu'il est nécessaire, lorsqu'on envisage de futures activités, de tenir compte des agents de stress qui ont une incidence sur cet écosystème à l'échelle aussi bien locale (p. ex., développement portuaire) que régionale (p. ex., réchauffement de la température de l'eau et hausse du niveau de la mer).

Le modèle de qualité de l'habitat mis au point dans une autre initiative du Projet a établi les habitats potentiels du lançon du Pacifique dans le détroit; le lançon du Pacifique est un important petit poisson fourrage encore très méconnu . Les habitats propices à l'enfouissement du lançon sont épars et limités à environ 6 % du détroit de Georgie; les principales zones d'habitat se situent dans la partie sud du détroit adjacente de Roberts Bank et dans la zone du détroit d'Haro. Elles devront peut-être faire l'objet d'une gestion plus attentive, notamment parce

que les relevés directs des populations de lançon sont difficiles à effectuer et que, par conséquent, un déclin de leur population serait difficile à détecter.

Indicateurs :

Les indicateurs sont essentiels pour estimer dans quelle mesure on atteint les objectifs liés à l'écosystème. Il existe deux grandes classes d'indicateurs : les indicateurs environnementaux de l'état actuel de l'environnement (p. ex, la température) et les indicateurs de gestion qui permettent d'évaluer les activités et les conditions sur lesquelles les humains exercent un contrôle direct (p. ex., l'effort de pêche). Ces dernières sont liées à des instruments et des stratégies de gestion. Par ailleurs, un bon indicateur doit être facile à mesurer, rentable et facile à interpréter. Le Projet de recherche sur l'écosystème du détroit de Georgie n'a pas réalisé d'évaluation ni d'examen complets de tous les indicateurs écosystémiques que l'on pourrait proposer pour la région. Cet examen et cette analyse sont nécessaires.

Cependant, plusieurs études du Projet ont déterminé des indicateurs potentiels à l'échelle de l'écosystème pour certains objectifs de gestion. Pour les variations du régime de productivité, les variables abiotiques, comme la température de la surface de la mer, la vitesse du vent, l'oscillation du tourbillon nord-pacifique, ainsi que les variables relatives à la population humaine autour du détroit de Georgie font partie des indicateurs potentiels . Les indicateurs potentiels de la survie précoce en mer du saumon coho dans le détroit de Georgie sont la biomasse de copépodes calanoïdes, l'anomalie de la biomasse de zooplancton et la biomasse de hareng. Pour les projections de recrutement de hareng, les abondances les plus élevées de jeunes harengs de l'année à la fin de l'été semblent se produire quand le frai du hareng commence environ trois semaines avant le début de la prolifération printanière et se termine autour du début de la prolifération.

Sources d'incertitude

Malgré tout ce que l'on a appris sur le fonctionnement de l'écosystème marin du détroit de Georgie et les problèmes potentiels en matière de gestion, des lacunes persistent dans les connaissances et les données. Parmi ces lacunes, on peut globalement distinguer des facteurs abiotiques et des facteurs biotiques. Voici des exemples de facteurs abiotiques :

- Les interactions entre les divers processus grâce auxquels les masses d'eau se renouvellent dans le détroit et l'influence des variations des caractéristiques des sources d'eau sur ces interactions et sur les conditions dans le détroit;
- L'influence du vent et de l'eau douce sur les changements occasionnels de la productivité du réseau trophique marin;
- Les impacts relatifs des événements normaux par rapport à ceux des événements courts, mais intenses, comme des vents d'intensité moyenne à long terme par rapport aux vents de tempête.
- L'aménagement des estrans et les effets cumulatifs potentiels sur le littoral et l'habitat intertidal.

Parmi les principales incertitudes qui pèsent sur les facteurs biotiques, on peut citer :

- Les causes de la variabilité interannuelle élevée entre les stocks de saumon qui migrent à travers le détroit de Georgie; il faut aussi déterminer si le détroit est une région importante à l'origine de cette variabilité;
- Les diètes des pinnipèdes qui s'alimentent dans le détroit;

- Les tendances récentes concernant l'abondance et l'aire de répartition du merlu du Chili et de la goberge de l'Alaska, ainsi que les changements possibles de leurs diètes, qui expliqueraient la diminution de la taille du merlu;
- Les possibles changements (à confirmer) concernant l'abondance des gros copépodes, riches en lipides et affectionnant les eaux froides, qui semblent à l'origine de la productivité élevée du détroit au printemps, ainsi que l'évaluation de leur qualité nutritionnelle et de celle d'autres variétés de zooplancton dont l'abondance serait en hausse.
- La répartition des différents types d'habitats sublittoraux ainsi que leur utilisation par les espèces aux différents moments de l'année (p. ex., répartition des lieux de reproduction des poissons fourrages le long du littoral).

Le Projet de recherche sur l'écosystème du détroit de Georgie a soutenu l'élaboration de plusieurs types d'outils de modélisation, y compris deux modèles des niveaux trophiques supérieurs. Bien qu'ils soient insuffisamment développés dans la conclusion du programme pour qu'il soit possible de les comparer, ces modèles « concurrents » et des comparaisons formelles de leurs produits permettraient de mieux comprendre ces types de modèles, ainsi que leurs sources d'incertitude et la crédibilité de leurs résultats. De plus, les modèles probabilistes de réseaux bayésiens sont utiles pour mettre en évidence les lacunes importantes dans la compréhension des mécanismes qui ont une incidence sur les réponses des espèces aux différents agents de stress. On ne dispose pas de modèles explicitement spatiaux pour le détroit, mais il est urgent de s'en doter pour pouvoir répondre à une série de questions de gestion telles que les zones de protection marine, l'aquaculture et les enjeux d'habitats locaux. En général, on ne connaît pas bien les habitats sublittoraux et benthiques, ni leur rôle dans le fonctionnement global de l'écosystème, notamment à l'échelle locale.

Le soutien scientifique à une approche écosystémique de la gestion demande une large base de connaissances s'étendant sur de nombreux domaines. Avec le départ à la retraite de scientifiques du MPO qui connaissent bien l'écosystème du détroit de Georgie, les connaissances de ce système risquent de disparaître progressivement. En particulier, des données importantes sur les habitats locaux et les états précédents de l'écosystème peuvent se trouver encore dans les bureaux de certains chercheurs ou être disséminées entre plusieurs institutions. Il est nécessaire de rassembler ces données et les archiver adéquatement afin de promouvoir une approche écosystémique pour le détroit de Georgie.

CONCLUSIONS ET AVIS

Afin d'explorer les différentes manières qui s'offrent au Secteur des sciences du Ministère de contribuer à l'élaboration d'une approche écosystémique de la gestion dans des eaux relevant d'une compétence fédérale, on a lancé, partout au Canada, des initiatives pilotes de recherche écosystémique financées pour la période allant de 2008 à 2012 dans le cadre du plan scientifique quinquennal. La présente synthèse du Projet de recherche sur l'écosystème du détroit de Georgie donne un aperçu de ce que l'on a appris sur le détroit de Georgie grâce à ces études, tout en soulignant tout ce qu'il reste à comprendre malgré les progrès réalisés. Elle présente brièvement les connaissances actuelles et certaines des principales conclusions concernant le fonctionnement de l'écosystème marin du détroit de Georgie, les facteurs de changement à l'œuvre dans le détroit et la manière dont certains d'entre eux pourraient avoir une incidence sur le détroit dans les prochaines décennies. Voici les processus importants qui régissent le fonctionnement de l'écosystème du détroit de Georgie et déterminent sa productivité : l'enrichissement, l'éclosion (de plancton), la rétention, la concentration, la dynamique du réseau trophique et la dynamique sublittorale et benthique, ainsi que l'interdépendance des zones sublittorales, pélagiques et benthiques. Ces processus essentiels

servent de contexe pour évaluer les impacts potentiels des changements et des agents de stress, naturels ou anthropiques, sur cet écosystème.

On a mis au point plusieurs outils scientifiques relatifs à l'écosystème (y compris des évaluations des écosystèmes et plusieurs types de modèles) afin de décrire les processus écosystémiques et d'appuyer les décisions de gestion, ainsi que certains facteurs de gestion. Les outils et les résultats du Projet permettent de mieux comprendre des questions concernant la gestion, dont quelques exemples sont donnés, ainsi que de déterminer les enjeux sur lesquels on doit se pencher. Plusieurs outils sont suffisamment au point pour pouvoir être appliqués à toutes les aires marines de la Colombie-Britannique; la complexité et les besoins en données de certains autres sont tels que, sans un solide soutien du Secteur des sciences, leur application risque d'être limitée.

L'accès à des données suffisantes et pertinentes pour réaliser des analyses dans le cadre d'une approche écosystémique constituait un problème pour le Projet de recherche sur l'écosystème du détroit de Georgie, notamment pour les initiatives de modélisation et d'analyse statistique. Beaucoup de ces initiatives ont donc eu recours à de véritables « fouilles archéologiques » pour rassembler et rendre accessibles des données historiques dispersées – plusieurs projets ont même été financés dans ce but explicite. Pour mettre au point une approche écosystémique, il faut obtenir tout un éventail de données provenant souvent de multiples institutions et pour lesquelles on ne dispose à l'heure actuelle ni d'infrastructure, ni de soutien officiels.

Le Projet de recherche sur l'écosystème du détroit de Georgie n'a pas réalisé d'évaluation ni d'examen complets des indicateurs écosystémiques pour cette région. Cependant, plusieurs études ont déterminé des indicateurs potentiels à l'échelle de l'écosystème pour certains objectifs de gestion. Pour déterminer les variations du régime de productivité, les variables abiotiques, comme la température de la surface de la mer, la vitesse du vent, l'oscillation du tourbillon nord-pacifique, ainsi que les variables relatives à la population humaine autour du détroit de Georgie sont des indicateurs potentiels. D'autres variables peuvent servir d'indicateurs pour des relations écosystémiques précises (p. ex., la biomasse des copépodes calanoïdes, l'anomalie de la biomasse de zooplancton et la biomasse de hareng : toutes ces variables sont des indicateurs importants de la survie précoce en mer du saumon coho dans le détroit de Georgie). Cependant, un processus plus complet est nécessaire pour établir et prioriser les indicateurs potentiels et les relier à des buts précis de gestion.

Certains résultats sont mis en évidence dans cette synthèse. Par exemple, une analyse du modèle de la variation de la biomasse dans le réseau trophique du détroit de Georgie depuis 1960 indique que le détroit traverse peut-être une période de faible productivité par rapport aux années 1960 à 1980, ce qui pourrait être mis sur le compte des changements des conditions environnementales. En conséquence, les stocks de poissons épuisés ne seront peut-être pas en mesure de se rétablir aussi rapidement que par le passé. Les études laissent aussi entrevoir qu'une politique de gestion favorisant une exploitation équilibrée entre les niveaux trophiques moyen et supérieur permet d'obtenir un meilleur rendement global tout en limitant les périodes de fermeture de la pêche. Les modèles écosystémiques mis au point peuvent également servir à déterminer les seuils de surpêche de chaque espèce pour l'écosystème – seuils au-delà desquels la structure du réseau trophique se verrait gravement altérée.

On a aussi constaté que des espèces non indigènes pourraient être introduites dans le détroit de Georgie à partir des eaux résiduelles de ballast, notamment par les navires qui naviguent exclusivement entre Cape Blanco et le détroit de Georgie, car ils ne sont pas tenus actuellement de renouveler leur eau de ballast.

Le rôle que les habitats sublittoraux jouent dans la productivité à l'échelle locale et à l'échelle du détroit dans son ensemble est mal connu et devrait faire l'objet d'études supplémentaires. Un modèle spatial fondé sur l'habitat a été mis au point pour déterminer l'habitat propice à

l'enfouissement du lançon du Pacifique, une espèce importante du niveau trophique moyen que l'on ne connaît pas bien. Cette constatation souligne la possibilité d'utiliser ce type de modèles pour déterminer les habitats importants pour d'autres espèces (ainsi que leurs stades biologiques) et leur pertinence pour les décisions de gestion écosystémique spatiale.

La conclusion globale qui se dégage de cet examen est que le Projet de recherche sur l'écosystème du détroit de Georgie peut servir de base à l'étude de scénarios de gestion des agents de stress, anthropiques et autres, dans le détroit de Georgie et qui pourraient s'appliquer à d'autres écorégions de la région du Pacifique. Ces constatations et le présent examen montrent bien que, pour les gestionnaires des écosystèmes et les décideurs, il est absolument indispensable de déterminer des buts liés aux écosystèmes et les questions pertinentes aux fins d'avis scientifique. Pour ce faire, il faut assurer la collaboration et la communication entre le Secteur des sciences et les différents secteurs de gestion (pêches, habitat, océans, mise en valeur des salmonidés, espèces en péril et aquaculture) de façon itérative tout au long du processus.

Bien que cette liste ne soit pas exhaustive, voici quelques recommandations essentielles découlant de l'examen de la synthèse du Projet de recherche sur l'écosystème du détroit de Georgie :

Recommandations

1. Afin de mettre en œuvre une approche écosystémique de la gestion, un processus de collaboration et de coordination entre les différents Secteurs s'impose. On recommande de mettre sur pied un groupe de travail intersectoriel qui pourrait aussi travailler avec d'autres régions et d'autres initiatives externes.
2. Pour le détroit de Georgie et les autres zones, il faut déterminer les indicateurs potentiels et les classer par ordre de priorité, ainsi que leurs exigences en matière de données, en vue d'atteindre les objectifs d'une approche écosystémique de la gestion.
3. On devrait intégrer les considérations relatives aux régimes de productivité et à la dynamique du réseau alimentaire (la prédation et les exigences en matière de proies) dans les évaluations des stocks et en tenir compte dans les autres processus de planification ministériels
4. La zone côtière du détroit de Georgie, et de la région du Pacifique en général, est insuffisamment décrite et son rôle dans les processus écosystémiques n'est pas bien connu. Pour être en mesure de formuler des avis scientifiques sur l'importance de cette zone pour la dynamique de l'écosystème (notamment la productivité des poissons), d'autres études sont nécessaires.
5. En raison de la dispersion des données sur l'écosystème et de la variété de leurs formats, le travail de collecte et de synthèse n'est pas aisé; des plates-formes et des formats communs pour le stockage sont nécessaires.
6. Les outils élaborés grâce à ce processus ne s'appliquent pas uniquement au détroit de Georgie; on devrait envisager de les utiliser dans d'autres zones de la côte du Pacifique.

AUTRES CONSIDÉRATIONS

La mise au point d'approches écosystémiques pour la gestion des écosystèmes marins constitue un sujet de recherche d'actualité à l'échelle internationale. Le MPO peut bénéficier de cette recherche, mais aussi y contribuer en facilitant des débats et la collaboration avec d'autres organismes qui travaillent dans la région du bassin de Georgie, notamment des projets menés par les universités locales comme le Réseau expérimental sous-marin de Victoria (projet

VENUS), dirigé par l'université de Victoria, et les études plus poussées sur les écosystèmes du saumon du Pacifique dans le détroit de Georgie, proposées par la Fondation du saumon du Pacifique. Le Partenariat de la baie Puget effectue des activités semblables à celles que l'on vient de décrire; une collaboration plus étroite serait avantageuse pour toutes les parties.

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la réunion du 11 au 13 septembre 2012 qui portait sur la synthèse des résultats du Projet de recherche sur l'écosystème du détroit de Georgie et de leurs conséquences sur la gestion écosystémique et les politiques. Toute autre publication découlant de ce processus sera publiée lorsqu'elle sera disponible sur le calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada à l'adresse suivante : http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/index-fra.htm.

MPO. 2012. Élaboration d'un cadre pour le soutien scientifique d'une approche écosystémique de gestion du détroit de Georgia, en Colombie-Britannique *Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci.*. 2011/075.

Johannessen, S. C. et McCarter, B. 2010. Rapport de l'état des écosystèmes et des tendances pour l'écozone du détroit de Georgie. *Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech.* 2010/010. 43 p.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Communiquer avec : R. Ian Perry, Station biologique du Pacifique, Nanaimo (Colombie-Britannique) V9T 6N7, Canada
Diane Masson, Institut des sciences de la mer, Sidney (Colombie-Britannique) V8L 4B2, Canada

Téléphone : 250-756-7137 (Perry); 250-363-6521 (Masson)
Télécopieur : 250-756-7053 (Perry); 250-363-6746 (Masson)
Courriel : Ian.Perry@dfo-mpo.gc.ca; Diane.Masson@dfo-mpo.gc.ca

Ce rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
Station biologique du Pacifique
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (Colombie-Britannique) V9T 6N7

Téléphone : 250-756-7208
Courriel : csap@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs

ISSN 1919-5109 (Imprimée)
ISSN 1919-5117 (En ligne)
© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2013

An English version is available upon request at the above address.

LA PRÉSENTE PUBLICATION DOIT ÊTRE CITÉE COMME SUIT :

MPO. 2013. Synthèse des résultats du Projet de recherche sur l'écosystème du détroit de Georgie et mise au point d'une approche écosystémique de la gestion. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2012/072.